

Avaliação Visual para o Monitoramento da Qualidade Estrutural do Solo: VESS e VSA



ISSN 1516-8840

Abril, 2015

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

Documentos390

Avaliação Visual para o Monitoramento da Qualidade Estrutural do Solo: VESS e VSA

Letiane Helwig Penning
Cláudia Liane Rodrigues de Lima
Ivana Kruger Tuchtenhagen
Maria de Fátima Marchezan Menezes da Silva
Clenio Nailto Pillon
Maria Cândida Moitinho Nunes

Embrapa Clima Temperado
Pelotas, RS
2015

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado

Endereço: BR 392, Km 78

Caixa postal 403, CEP 96010-971 - Pelotas/RS

Fone: (53) 3275-8100

www.embrapa.br/clima-temperado

www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Comitê de Publicações da Unidade Responsável

Presidente: *Ana Cristina Richter Krolow*

Vice-presidente: *Enio Egon Sosinski Junior*

Secretária-Executiva: *Bárbara Chevallier Cosenza*

Membros: *Ana Luiza Barragana Viegas, Apes Falcão Perera, Daniel Marques Aquini, Eliana da Rosa Freire Quincozes, Marilaine Schaun Pelufe.*

Revisão de texto: *Bárbara Chevallier Cosenza*

Normalização bibliográfica: *Marilaine Schaun Pelufê*

Editoração eletrônica: e tratamento de imagem: *Manuela Coitinho (estagiária)*

Foto(s) de capa: *Ivana Kruger Tuchtenhagen*

1ª edição

1ª impressão (2015): 30 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Clima Temperado

A945 Avaliação visual para o monitoramento da qualidade estrutural do solo: VESS e VSA / Letiane Helwig Penning... [et al.]. - Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2015. 39 p. Embrapa Clima Temperado. Documentos / Embrapa Clima Temperado ISSN 1516-8840; 390.

1. Solo. 2. Qualidade do Solo. 3. Análise do solo.
I. Penning, Letiane Helwig. II. Série.

Autores

Letiane Helwig Penning

Engenheira-agrônoma, mestranda do Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do solo e da Água, Pelotas, RS, letipenning@yahoo.com.br.

Cláudia Liane Rodrigues de Lima

Engenheira-agrícola, D.Sc. em Ciência do Solo, professora da UFPel, Pelotas, RS, clrlima@yahoo.com.br.

Ivana Kruger Tuchtenhagen

Tecnóloga em Saneamento Ambiental, mestranda do Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do solo e da Água, UFPel, Pelotas, RS, ivana.kruger@bol.com.br.

Maria de Fátima Marchezan Menezes da Silva

Bióloga, M.Sc. em Agronegócios, doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do solo e da Água, professora da Universidade da Região da Campanha, Alegrete, RS, mfmms@ig.com.br.

Clenio Nailto Pillon

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, clenio.pillon@embrapa.br.

Maria Cândida Moitinho Nunes

Engenheira-agrícola, D.Sc. em Ciência do Solo, professora da UFPel, Pelotas, RS, nunes.candida@gmail.com.

Apresentação

Ainda persistem muitas dúvidas sobre o que realmente significa um solo com boa ou má qualidade. A dificuldade existente na obtenção de uma definição precisa e exata provém da dependência entre características intrínsecas, uso, manejo e do próprio ambiente no qual o solo está inserido.

Comumente, a qualidade do solo tem sido avaliada a partir de medidas quantitativas. No entanto, a utilização de diferentes equipamentos e metodologias laboratoriais requer tempo e um custo elevado para essa determinação. Nesse sentido, a proposta de se medir a qualidade do solo a campo apresenta-se como uma estratégia relevante para reduzir o tempo e o custo necessários nessa avaliação.

Acredita-se que a utilização de métodos como a Avaliação Visual da Estrutura do Solo (Visual Evaluation of Soil Structure – VESS) e Avaliação Visual do Solo (Visual Soil Assessment – VSA) podem representar indicadores sensíveis e eficientes para conhecer a campo a qualidade do solo, e ainda servir de suporte para pesquisadores, agricultores e técnicos para futuras melhorias nos manejos adotados em áreas agrícolas. Nesse contexto, o presente documento fornece subsídios básicos para análise qualitativa de solos sob diferentes agroecossistemas a partir da estrutura do solo obtida diretamente a campo. Boa leitura!

Clenio Nailto Pillon
Chefe-Geral
Embrapa Clima Temperado

Sumário

Introdução	9
Avaliação Visual da Estrutura do Solo (VESS)	11
Avaliação Visual do Solo (VSA)	14
Considerações finais	29
Referências	31
Anexos	35

Avaliação Visual para o Monitoramento da Qualidade Estrutural do Solo: VESS e VSA

Letiane Helwig Penning

Cláudia Liane Rodrigues de Lima

Ivana Kruger Tuchtenhagen

Maria de Fátima Marchezan Menezes da Silva

Clenio Nailto Pillon

Maria Cândida Moitinho Nunes

Introdução

Diferentes propostas têm sido indicadas na literatura científica para definir a Qualidade do solo (QS). Karlen et al. (1997) definiram a QS como sendo a capacidade de um tipo específico de solo em um ecossistema natural ou manejado para dar sustentação às plantas, aos animais e ao ambiente.

A avaliação da QS pode ser apontada como um indicador primário da sustentabilidade do uso e manejo do solo (DORAN, 2002). Para avaliar a sustentabilidade de um sistema de manejo, dois tipos de medidas podem ser feitas: i) comparativas; e ii) dinâmicas. A comparativa é aquela na qual o desempenho dos sistemas é avaliado comparando-se sistemas alternativos em um determinado tempo. O processo dinâmico baseia-se na avaliação do desempenho dos sistemas de manejo do solo ao longo de uma série temporal (LARSON; PIERCE, 1994).

Acredita-se que a comunidade agrícola (cientistas, agricultores e extensionistas rurais) necessita padronizar uma definição do que realmente significa um solo com boa ou inadequada qualidade a um nível aceitável de sistema de uso e manejo em todas as áreas (LIMA, 2007).

Medidas de parâmetros físicos, químicos e biológicos muitas vezes são necessárias para indicar a qualidade de um solo. Nesse sentido, modelos envolvendo índices de QS estão sendo utilizados na integração de diferentes indicadores de solo no processo de decisões de manejo adequados utilizando diferentes correlações e ou procedimentos estatísticos (LIMA, 2007). De maneira geral, para que estes índices de forma integrada sejam conhecidos, sabe-se que ainda é necessária a obtenção de equipamentos laboratoriais, tempo e recursos disponíveis.

Nesse sentido, medidas qualitativas da estrutura do solo obtidas diretamente no campo, como o VESS (Avaliação visual da estrutura do solo ou *Visual Evaluation of Soil Structure*) (BALL et al., 2007) e/ou o VSA (Avaliação visual do solo ou *Visual Soil Assessment*) (SHEPHERD, 2009) podem representar avaliações rápidas, seguras, objetivas e de baixo custo para inferir sobre a QS, podendo ser utilizadas adequadamente por agricultores e ou qualquer profissional da área específica. VESS e VSA são métodos simples para se examinar a condição do solo e a forma com que é afetado pelas práticas de manejo, sendo também utilizados para identificar as limitações de um solo. As avaliações podem ser realizadas em diferentes épocas do ano, dependendo do objetivo da análise, visto que a condição de umidade também deve ser levada em consideração, por afetar a interpretação do método. Para avaliação é indicada uma condição de umidade friável (BALL et al., 2007).

Contudo, ainda existe a necessidade de diferentes pesquisas que relacionem parâmetros da qualidade estrutural, como o VESS e o VSA com o manejo e a erosão de diferenciados tipos de manejo e solos. Pesquisadores da Bélgica e da Venezuela vêm utilizando esses parâmetros para determinar a qualidade estrutural dos solos (MONCADA et al., 2014a; MONCADA et al. 2014b). No Brasil, as pesquisas têm sido conduzidas em Latossolos, principalmente sob plantio direto (GIAROLA et al., 2009; GIAROLA et al., 2013) e também contrastando diferentes solos, texturas e manejos (GUIMARÃES et al., 2013). Não foram feitas alterações nos métodos originais, visto que estas avaliações ainda são

recentes no Brasil.

Sendo assim, para auxiliar a tomada de decisões sobre o manejo mais adequado, visando reduzir o processo de degradação e aumentar a qualidade de vida de homens, animais e plantas, torna-se necessária e relevante a identificação e monitoramento da qualidade do solo em diferentes agroecossistemas.

Avaliação visual da estrutura do solo (*Visual Evaluation of Soil Structure* -VESS)

De acordo com metodologia descrita em Ball et al. (2007), o VESS é avaliado seguindo as etapas listadas abaixo:

1ª - Primeiramente extrai-se um bloco de solo com dimensões de 15 cm x 20 cm (Figura 1) ou conforme o número de repetições necessárias para se atingir o objetivo específico. Neste momento, deve-se ter o cuidado de excluir toda a parte compactada proveniente, possivelmente do contato da pá de corte com o solo.

Foto: Ivana Kruger Tuchtenhagen



Figura 1. Extração de um bloco de solo com pá de corte em área sob pastagem.

2ª - Quebra-se o bloco de solo na sua posição intermediária e, posteriormente, os agregados nas suas linhas de fraqueza (Figura 2).

Foto: Ivana Kruger Tuchtenhagen



Figura 2. Bloco de solo sendo quebrado com as mãos para avaliação da agregação.

3ª - Compara-se os agregados obtidos com a sequência de figuras disponíveis em Guimarães et al. (2011), conforme Anexo 1, atribuindo o seu escore ou pontuação. Definem-se a aparência dos agregados de 1 cm a 2 cm de diâmetro, a porosidade visível e as raízes (Anexo 1).

Para atribuir um escore, a qualidade da estrutura é dividida em cinco níveis, sendo o escore 1 (friável), definido por agregados que quebram facilmente com os dedos; escore 2 (intacto), agregados facilmente rompidos com a mão; escore 3 (firme) representa o rompimento da maioria dos agregados com a mão; escore 4 (compactado), agregados que exigem um esforço considerável para serem rompidos com a mão, e escore 5 (muito compactado) como agregados muito difíceis de serem quebrados com a mão (Anexo 1).

4ª - Para confirmar e complementar o escore anteriormente definido são feitas anotações sobre os aspectos visuais dos agregados (forma e tamanho), raízes presentes, porosidade e compactação para cada condição de uso do solo (Anexo 2).

5ª - Análise dos resultados: após obter o escore de cada bloco é possível identificar, para cada condição de uso do solo, a necessidade de adoção de alguma interferência, conforme indicado na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação da qualidade estrutural do solo associada ao escore e aos manejos necessários para cada condição de solo.

Escore	Qualidade estrutural do solo	Manejos necessários
1 a 2	Bom	Sem mudanças necessárias
2 a 3	Moderado	Melhorias em longo prazo
3 a 5	Podre	Melhorias em curto prazo

Fonte: Ball et al. (2007).

Solos que resultam em escores de 2 a 3 indicam condições ainda

aceitáveis de qualidade estrutural. Valores de 4 a 5 representam limitações, exigindo mudanças no tipo de uso e manejo do solo (Tabela 1).

Avaliação Visual do Solo (*Visual Soil Assessment - VSA*)

Alguns parâmetros de avaliação são diferentes para solos cultivados e sob pastagem, mas o método pode ser utilizado para ambos. Para solos sob pastagens apenas são acrescentados os parâmetros “Formação de poças na superfície” e “Relevo do solo”. De acordo com a metodologia descrita em Shepherd (2009) o VSA é avaliado seguindo-se as etapas listadas abaixo:

1ª - Primeiramente extrai-se um bloco de solo com dimensões de 15 cm x 20 cm (Figura 1) ou conforme o número de repetições necessárias para se atingir o objetivo específico. Neste momento, deve-se ter o cuidado de excluir toda a parte compactada oriunda do contato da pá de corte com o solo.

2ª - Para a quebra, deixar cair um bloco de solo a 1 m acima da superfície do solo por força da gravidade, podendo-se repetir esse processo até três vezes, caso o bloco não se quebre. Posteriormente, os agregados são quebrados nas suas linhas de fraqueza e organizados em uma bandeja ou sobre uma lona plástica, de maneira que os maiores fiquem na parte superior e os menores na parte inferior (Figura 3).



Foto: Ivana Kruger Tuchtenhagen

Figura 3. Organização dos agregados de solo em uma bandeja plástica.

3ª - Posteriormente são atribuídos os escores para os seguintes indicadores visuais: textura, porosidade, estrutura do solo, número e cor de mosqueados, cor, cheiro, presença de minhocas, profundidade efetiva das raízes, suscetibilidade à erosão, ocorrência de acúmulo de água na superfície e tipo de relevo superficial da área amostrada. Para cada um destes indicadores atribui-se um escore visual quanto à qualidade do solo, variando de 0 (zero): considerado pobre, 1: moderado, 2: bom, ou ainda, pode-se obter um escore intermediário (0,5: moderadamente pobre e 1,5: moderadamente bom).

Observação: Existem diferenças na obtenção do escore final quanto à avaliação da qualidade estrutural para solos cultivados (Anexo 3) e pastejados (Anexo 4).

- **Textura do solo**

A textura do solo está relacionada com as proporções das frações granulométricas do solo: areia, silte e argila (Figura 4).

A avaliação da textura pode ser realizada em laboratório conforme

metodologias específicas ou a campo, com base na sensação tátil percebida quando uma porção de solo úmido é manuseado entre os dedos: a areia provoca sensação de aspereza, o silte de sedosidade e a argila de pegajosidade. A importância da determinação da classe textural de um solo reside no fato de que esse parâmetro influencia importantes propriedades como capacidade de troca de cátions (CTC), retenção de água, disponibilidade e movimento da água no solo, todas diretamente relacionadas com o comportamento e uso agrícola dos solos. Além disso, têm influência na suscetibilidade à compactação e à erosão (RIBEIRO et al., 2012).

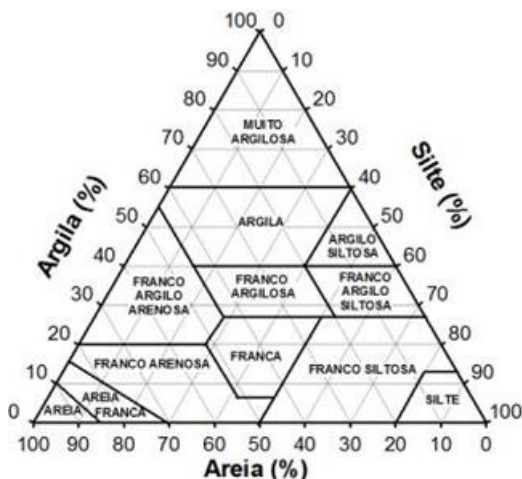


Figura 4. Triângulo de classes texturais.

Tabela 2. Classe textural do solo associada ao escore visual.

Score Visual	Classe Textural
2,0 (Bom)	Franco siltosa
1,5 (Moderadamente bom)	Franco Argilosa
1,0 (Moderado)	Franco Argilosiltosa / Franco Arenosa
0,5 (Moderadamente pobre)	Argilosiltosa / Argila
0,0 (Pobre)	Areia Franca / Areia

Fonte: Shepherd (2009).

- **Estrutura do solo**

A estrutura do solo está relacionada com a aeração e trocas gasosas e ainda com a temperatura, infiltração, erosão, resistência mecânica, movimento e armazenamento de água, disponibilidade de nutrientes do solo e crescimento e desenvolvimento radicular. Uma boa estrutura do solo permite um tempo maior para as operações agrícolas e tráfegabilidade de máquinas.

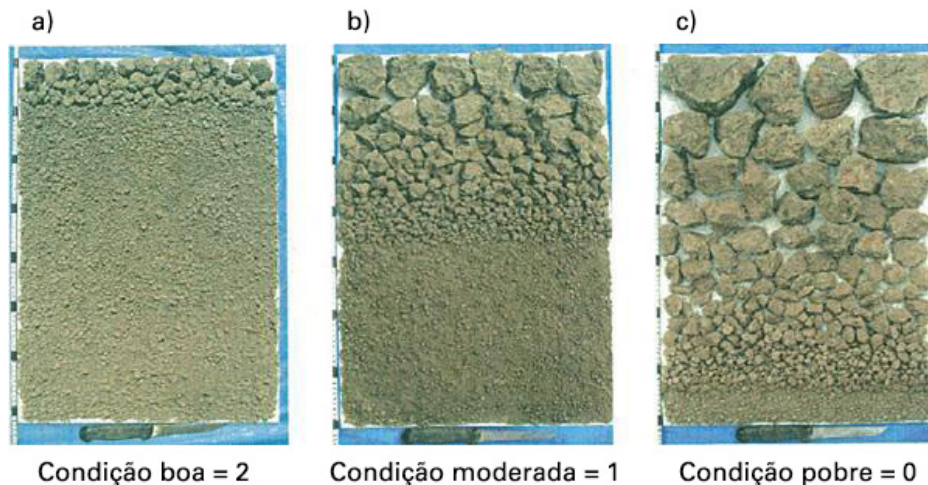


Figura 5. Fotos ilustrativas evidenciando: a) Solo friável, poroso, com agregados pequenos e arredondados e sem a formação de torrões (escore=2); b) Solo menos poroso, contendo proporções significantes de torrões (50%) e agregados friáveis. Os torrões são firmes, subangulares ou angulares (escore=1); c) Solo com pouca ou nenhuma porosidade e com torrões grandes e de estrutura firme, agregados com formas angulares ou subangulares (escore=0).

Fonte: Shepherd (2009).

- **Porosidade do solo**

A porosidade do solo, especialmente os macroporos (poros maiores) influenciam no movimento do ar e água no solo. Solos com uma boa estrutura apresentam uma alta porosidade, e solos com uma estrutura considerada pobre podem não apresentar macroporos restringindo a drenagem e aeração do solo (SHEPHERD, 2009).

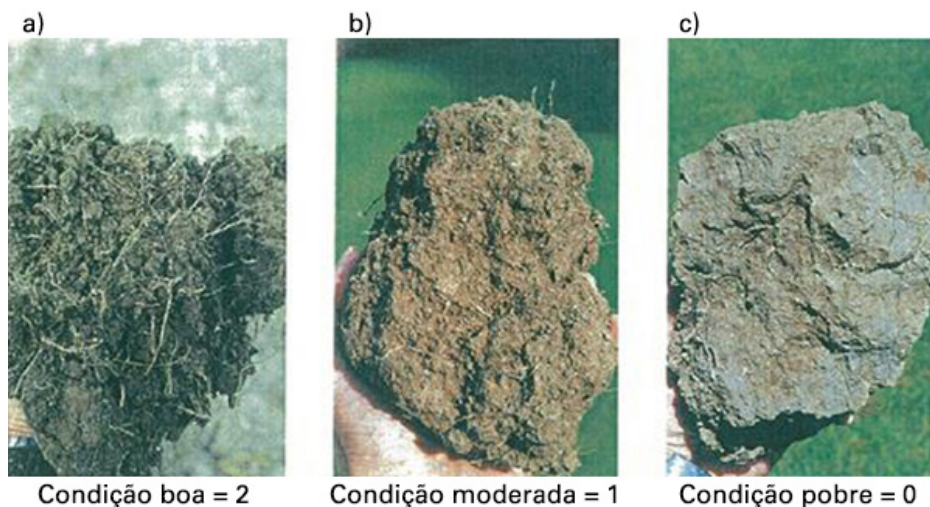


Figura 6. Fotos ilustrativas evidenciando: a) Proporção adequada de macro e microporos entre e internamente presente nos agregados (escore=2); b) Poucos macro e microporos intra-agregados (escore=1); c) São visíveis apenas os microporos, o solo apresenta estrutura maciça, a superfície do bloco é mais suave, com algumas rupturas e pode ter agregados mais angulares (escore=0).

Fonte: Shepherd (2009).

- **Número e cor de mosqueados**

A cor e número de mosqueados fornecem um bom indicativo do estado de aeração e drenagem no solo. O desenvolvimento de uma condição de baixa aeração é prejudicial ao desenvolvimento das raízes e a presença de mosqueados indica uma condição de drenagem deficiente (ferro e manganês reduzidos). Um solo bem drenado e com boa aeração não apresenta mosqueados.

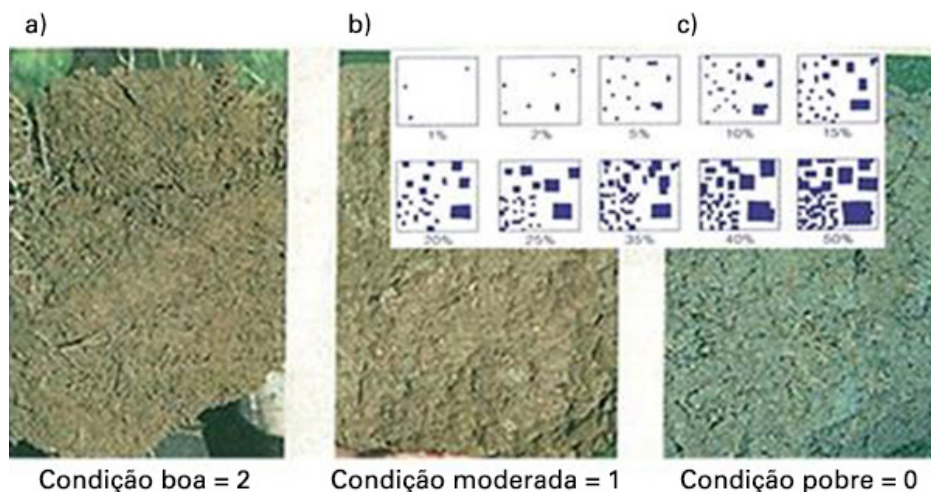


Figura 7. Fotos ilustrativas evidenciando: Solo com: a) Boa condição, sem a presença de mosqueados (escore=2); b) Muitos mosqueados (10-20%), de tamanho pequeno a médio, de coloração alaranjada a acinzentada (escore=1); c) Mais de 50% de mosqueados, de tamanho médio a grande e de coloração alaranjada a acinzentada (escore=0).

Fonte: Shepherd (2009).

- **Cor do solo**

A cor do solo é indicadora da presença de matéria orgânica. Em geral, uma coloração mais escura indica adequados teores de matéria orgânica. A matéria orgânica contribui para a estabilidade dos agregados reduzindo o potencial de erosão eólica e hídrica. Também promove a infiltração, movimento e retenção de água, atividade microbiológica e disponibilização de nutrientes no solo.

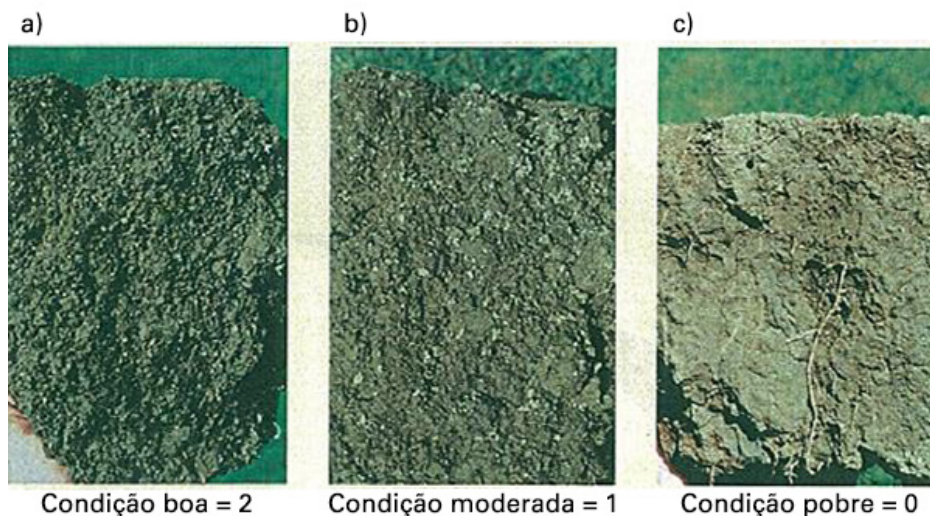


Figura 8. Fotos ilustrativas evidenciando: Solo com: a) Coloração bem escura (escore=2); b) Coloração um pouco mais clara (escore=1); c) Coloração significativamente mais clara (escore=0).

Fonte: Shepherd (2009).

- **Presença de minhocas**

As minhocas variam em tamanho e número, dependendo da época do ano e das condições estruturais do solo. Esses anelídeos têm um importante papel reciclador e aerador, pois seus túneis podem melhorar a porosidade do solo (bioporos) e aeração, bem como a infiltração e condutividade da água. Seus hábitos alimentares ajudam na decomposição e ciclagem de matéria orgânica e no fornecimento de nutrientes para as culturas. Elas também podem melhorar o tamanho e estabilidade dos agregados, reduzir crostas superficiais e aumentar o crescimento das raízes e o rendimento de grãos. A presença de minhocas no solo é classificada segundo Tabela 3.

Tabela 3. Escore visual para o número de minhocas presentes no solo.

Escore Visual	Número de minhocas (por bloco de solo)
2,0 (Bom)	> 35 (três ou mais espécies)
1,5 (Moderadamente bom)	29 a 35
1,0 (Moderado)	22-28 (duas ou mais espécies)
0,5 (Moderadamente pobre)	15-21 (predomínio de uma espécie)
0,0 (Pobre)	< 15

Fonte: Shepherd (2009).

- **Cheiro do solo**

O cheiro do solo relaciona-se com aeração e o conteúdo de água e é um indicador da atividade biológica do solo. É determinado principalmente pelos gases liberados pela respiração aeróbica ou anaeróbica e pelo tipo e quantidade de matéria orgânica. Pode ser classificado segundo os escores abaixo (Tabela 4).

Tabela 4. Escores em função do cheiro do solo.

Escore Visual	Cheiro do solo
2,0 (Bom)	o solo tem um cheiro distinto, cheiro de “solo fresco”
1,0 (Moderado)	o solo possui um cheiro “mineral”
0,0 (Pobre)	o solo possui um cheiro “pútrido, azedo” ou “cheiro de componentes químicos”

Fonte: Adaptado de Shepherd (2009).

- **Profundidade efetiva de raízes**

A profundidade efetiva das raízes é a profundidade do solo efetivamente explorada pelo sistema radicular das plantas. Um solo que apresente uma boa qualidade estrutural (sem camada compactada ou “pé de arado”) permite uma maior exploração do perfil pelas raízes, as quais podem obter um suprimento maior de água reduzindo o estresse hídrico em períodos de seca. Um maior volume de solo explorado também

permite maior acesso aos nutrientes necessários para obtenção de níveis de produtividade satisfatórios. O escore da profundidade efetiva de raízes está na Tabela 5.

Tabela 5. Escores relativos à profundidade das raízes das culturas.

Score Visual	Profundidade efetiva das raízes (mm)
2,0 (Bom)	> 800
1,5 (Moderadamente bom)	600 - 800
1,0 (Moderado)	400 - 600
0,5 (Moderadamente pobre)	200 - 400
0,0 (Pobre)	< 200

Fonte: Shepherd (2009).

- **Formação de lagoas (áreas agrícolas):**

A formação de lagoas e a sua permanência sobre o solo são indicativos das condições de infiltração. Um solo com uma estrutura adequada permite uma boa drenagem e aeração das raízes, visto que solos com drenagem ineficiente diminuem a disponibilidade de oxigênio necessário à respiração das raízes, limitando o crescimento das plantas.

A formação de lagoas pode ser classificada conforme as condições abaixo (Figura 9).

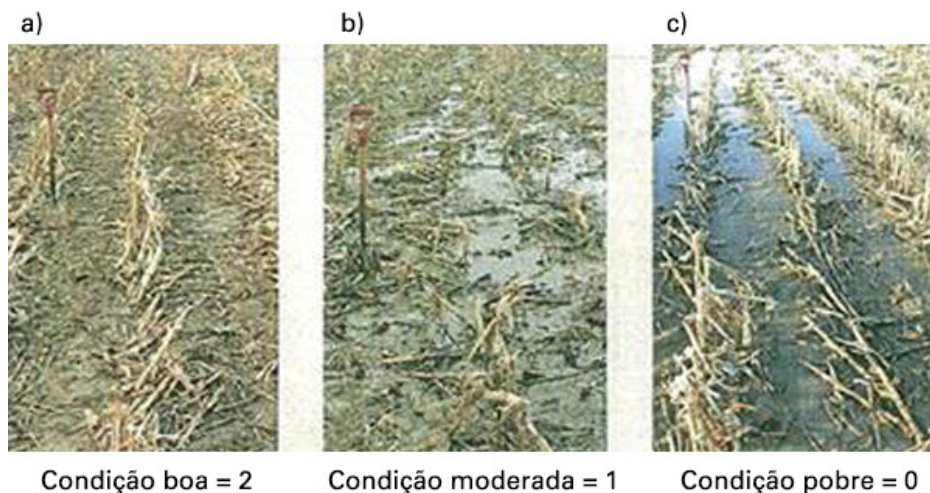


Figura 9. Fotos ilustrativas de condições: a) Após chuvas intensas, em solos que estavam saturados ou perto da saturação, não há formação evidente de lagoas na superfície do solo no primeiro dia após cessarem as chuvas (escore=2); b) Após chuvas intensas, em solos que estavam saturados ou perto da saturação, com formação moderada de lagoas na superfície do solo mesmo dois dias após cessarem as chuvas (escore=1); c) Após chuvas intensas, em solos que estavam saturados ou perto da saturação, com formação significativa de lagoas na superfície do solo mesmo após quatro dias após cessarem as chuvas (escore=0).

Fonte: Shepherd (2009).

- **Cobertura e formação de crostas na superfície do solo**

A formação de crostas superficiais no solo reduz a infiltração e aumenta o escoamento superficial da água das chuvas. Um solo com boa cobertura minimiza o impacto das gotas da chuva, que causa a dispersão e o encrostamento superficial. A cobertura vegetal e seu sistema radicular, juntamente com os resíduos da superfície, promovem o aumento da matéria orgânica e a manutenção da temperatura e da umidade do solo. A cobertura e a formação de crostas na superfície do solo são avaliadas por meio de aspectos superficiais (Figura 10):

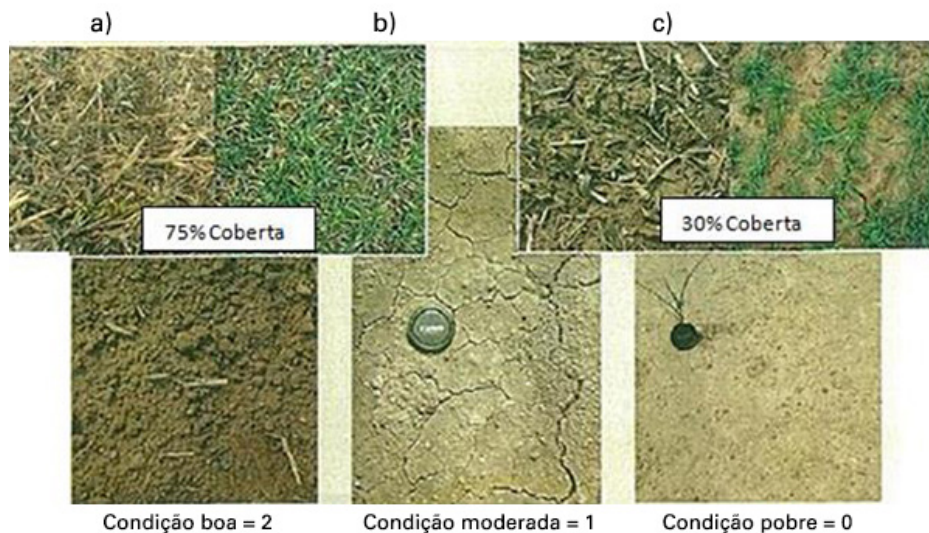


Figura 10. Fotos ilustrativas apresentando: a) A cobertura do solo em $\geq 70\%$, com pouca ou nenhuma formação de crosta na superfície (escore=2); b) A cobertura do solo está entre 30% e 70% e pode evidenciar crostas de 2 mm a 3 mm de espessura (escore=1); c) A cobertura do solo é $\leq 30\%$, com crostas de espessura maior que 5 mm (escore=0). Fonte: Shepherd (2009).

- **Erosão**

A erosão diminui o potencial produtivo do solo devido à perda de nutrientes e da matéria orgânica; reduz também a profundidade efetiva das raízes e a capacidade de retenção de água do solo. Os cultivos convencionais consecutivos podem causar uma degradação considerável associada à degradação da estrutura do solo e à suscetibilidade da área de sofrer erosão hídrica e eólica.

A erosão pode ser avaliada por meio de aspectos superficiais, conforme a Figura 11.

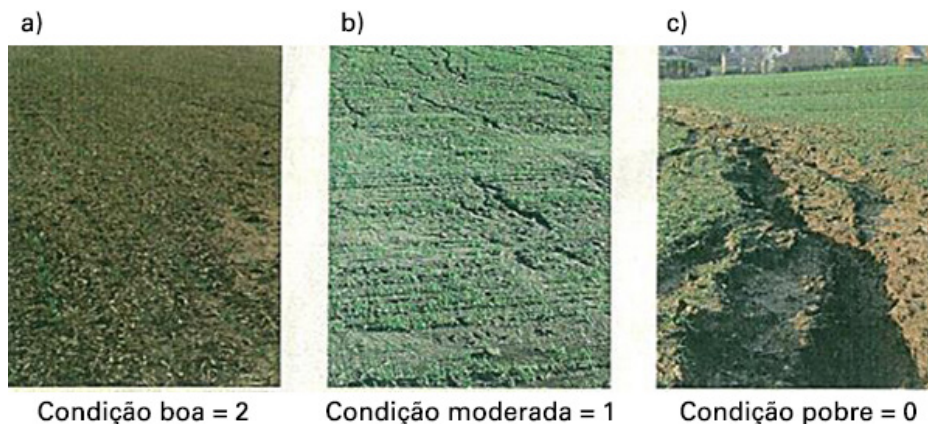


Figura 11. Fotos ilustrativas: a) Não há erosão hídrica na superfície do solo e a erosão eólica não é um problema (escore=2); b) A erosão hídrica e eólica são problemas, onde é possível observar uma moderada erosão na superfície (escore=1); c) Tanto a erosão hídrica como a eólica são grandes problemas, ocorrendo grandes voçorocas na área (escore=0).

Fonte: Shepherd (2009).

- **Formação de poças de água em campos ou pastagens**

A formação de poças e a permanência de água sobre o solo são indicadores das condições de infiltração. Um solo com uma estrutura adequada permite uma drenagem e aeração das raízes, visto que solos com uma drenagem ineficiente diminuem a disponibilidade de oxigênio necessário à respiração das raízes, limitando o crescimento das pastagens.

A formação de poças (retenção superficial de água) pode ser classificada conforme Figura 12.

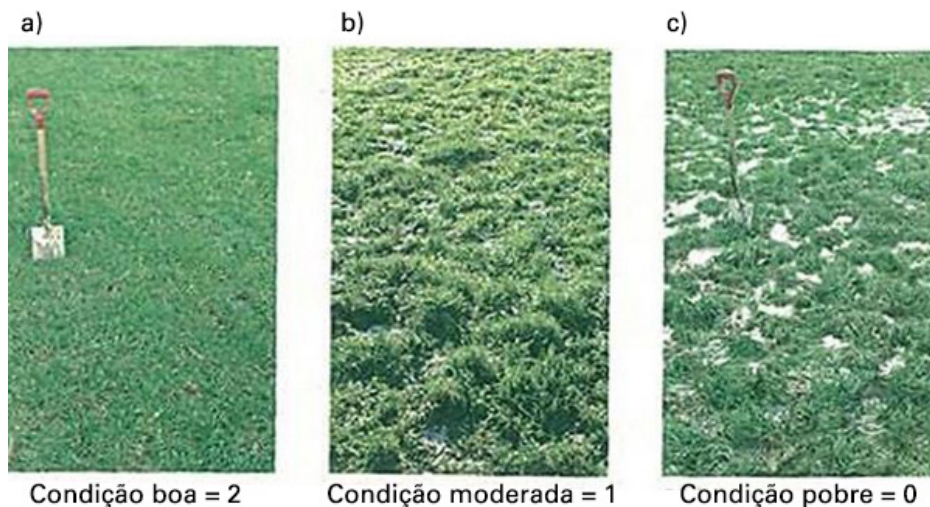


Figura 12. Fotos ilustrativas: a) Após chuvas intensas, em solos que estavam saturados ou perto da saturação, não há formação evidente de poças de água na superfície do solo no primeiro dia após cessarem as chuvas (escore=2); b) Após chuvas intensas, em solos que estavam saturados ou perto da saturação, há formação moderada de poças de água na superfície do solo mesmo dois dias após cessarem as chuvas (escore=1); c) Após chuvas intensas, em solos que estavam saturados ou perto da saturação, há formação significativa de poças de água na superfície mesmo após quatro dias após cessarem as chuvas (escore=0).

Fonte: Shepherd (2009).

- **Relevo da superfície (campo ou pastagem)**

Quando não é feito o manejo adequado da carga animal, levando-se em consideração a umidade e a oferta de pastagem, o solo será influenciado pelo pisoteio animal, o qual deixa a superfície do solo irregular e formação de poças de água. Ocorre também a compactação e, conseqüentemente, a redução da porosidade, aeração, infiltração e movimentação da água, além de prejudicar o sistema radicular.

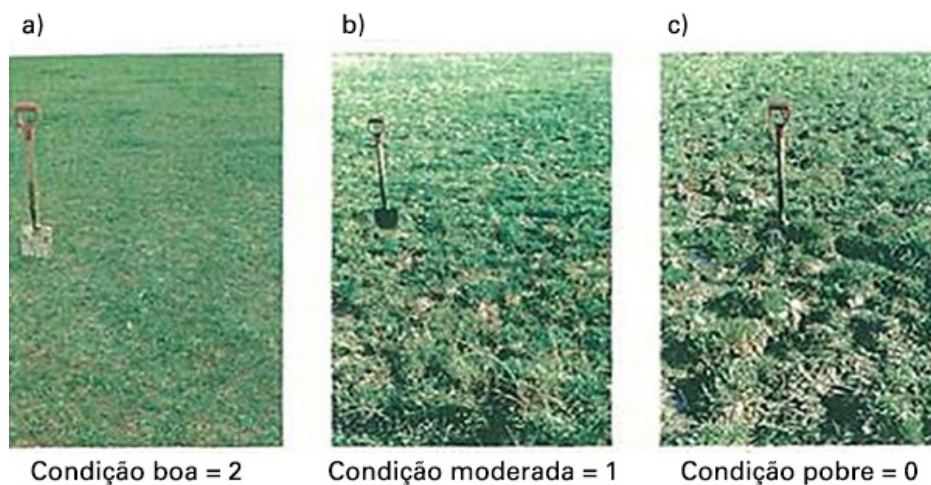


Figura 13. Fotos ilustrativas: a) A superfície do terreno é relativamente plana (escore=2); b) A superfície do terreno é um pouco quebrada devido ao pisoteio animal ocasional, mas não há dificuldade de caminhar sobre a área (escore=1); c) A superfície do terreno é muito quebrada devido a pisoteios mais profundos e há certa dificuldade de caminhar sobre a área (escore=0).

Fonte: Shepherd (2009).

Em função da importância relativa de cada indicador na avaliação da qualidade do solo, as pontuações atribuídas a cada indicador são multiplicadas por um fator de ponderação (1, 2, ou 3), conforme Anexo 3 para solos cultivados, e Anexo 4, para solos sob pastagens. O somatório dos escores obtidos de todos os indicadores fornece o índice de qualidade do solo (Tabela 6).

Tabela 6. Classificação e índice de qualidade do solo de acordo com o tipo de uso e manejo.

	Índice de qualidade do solo	
	Solo sob cultivo	Solo sob pastagem
Pobre	< 20	< 20
Moderado	20 a 37	20 a 35
Bom	> 37	> 35

Fonte: Adaptado de Shepherd (2009).

Considerações finais

O conceito de qualidade física do solo engloba o conhecimento de propriedades e processos, cujo estudo pode ser realizado a partir de indicadores físicos responsáveis pela avaliação da estrutura (STEFANOSKI et al., 2013). Operações agrícolas que envolvam a mobilização e ou o tráfego de máquinas agrícolas alteram a estrutura, modificando as condições para o crescimento radicular, podendo levar à degradação do solo (REICHERT et al., 2003).

Dos componentes do manejo, o preparo do solo talvez seja a atividade que mais exerce influência nos indicadores da qualidade física, pois atua diretamente na estrutura (HAMZA; ANDERSON, 2005). Preparos convencionais rompem os agregados e aceleram a decomposição da matéria orgânica, refletindo-se negativamente na resistência dos agregados (CARPENEDO; MIELNICZUK, 1990). A adoção de sistemas de manejo que mantenham o solo protegido pelo contínuo aporte de resíduos orgânicos é essencial para a manutenção e/ou melhoria da estrutura (STEFANOSKI et al., 2013).

O preparo excessivo do solo pode levar à compactação, a qual é decorrente do aumento de massa por unidade de volume, resultando em aumento na densidade, na resistência à penetração de raízes e na microporosidade, o que contribui para redução da porosidade total e da macroporosidade (BEUTLER et al., 2005). A compactação do solo,

decorrente de práticas de manejo inadequadas, ainda pode reduzir a taxa de infiltração da água e aumentar o volume e a velocidade do escoamento superficial, tendo como consequência a aceleração das perdas de solo e água.

Ao discriminar solos com sinais de degradação, os indicadores de qualidade física evidenciam a necessidade da adoção de sistemas que favoreçam a estruturação do solo, como aqueles que elevam os teores de matéria orgânica (STEFANOSKI et al., 2013). Dentre estes, está o sistema de semeadura direta que, associado à utilização de plantas de cobertura, pode manter a qualidade do solo melhorando e ou preservando seus atributos físicos em condições favoráveis ao desenvolvimento vegetal (LANZANOVA et al., 2010). A presença de resíduos culturais na superfície proporciona a redução do processo erosivo, devido à dissipação da energia cinética das gotas da chuva, reduzindo a desagregação das partículas e o consequente selamento superficial e aumentando a infiltração de água no solo.

O uso e manejo inadequado, associados ao tipo de solo e a chuva e o relevo aceleram a degradação por erosão hídrica. A erosão acelerada dos solos é um dos principais desencadeadores da degradação de terras e um dos maiores impactos causados pela atividade agrícola. Esse processo contribui para a redução da capacidade produtiva dos solos, bem como para o aporte de sedimentos e poluentes para os corpos de água, resultando no assoreamento e decréscimo da qualidade dos recursos hídricos (LAL, 1988; MERTEN; MINELLA, 2003).

Sendo assim, acredita-se que práticas de manejo e de conservação do solo e da água devem ser planejadas e executadas no sentido de manter, ou melhorar seus atributos, visando aumentar a capacidade em sustentar uma produtividade competitiva, sob os aspectos físicos, químicos e biológicos, sem, por sua vez, comprometer a qualidade (STEFANOSKI et al., 2013).

A avaliação da qualidade do solo por meio de indicadores, associada a informações sobre crescimento vegetal e aspectos ambientais, especialmente aqueles relacionados à erosão dos solos, podem ser úteis no estabelecimento de uma agricultura sustentável (REICHERT et al., 2003). A erosão é o processo de desagregação e transporte de partículas da massa do solo pelos agentes erosivos (ELLISON, 1947) decorrentes do impacto da gota e do escoamento superficial (LAL, 1994). Essa perda de solo devida à erosão acelerada é um importante fator de degradação de terras agrícolas em todo o mundo, condicionando o declínio da qualidade do solo e de sua capacidade em desempenhar múltiplas funções (WEILL; SPAROVEK, 2008).

Referências

- BALL, B. C.; BATEY, T.; MUNKHOLM, L. J. Field assessment of soil structural. Quality: a development of the Peerlkamp test. **Soil Use and Management**, v. 23, p. 329–337, 2007.
- BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; ROQUE, C. G.; FERRAZ, M. V. Densidade relativa ótima de Latossolos Vermelhos para a produtividade de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 843-849, 2005.
- CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, p. 99-105, 1990.
- DORAN, J. W. Soil health and global sustainability: translating science into practice. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 88, p. 119-127, 2002.

ELLISON, W. D. Soil erosion studies. **Agriculture Engineering**, St. Joseph, v. 28, p. 145-146, 1947.

GIAROLA, N. F. B.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P.; BALL, B. C. Método de avaliação visual da qualidade da estrutura aplicado a Latossolo Vermelho distroférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Ciência Rural**, v. 39, p. 2531-2554, 2009.

GIAROLA, N. F. B.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.; GUIMARÃES, R. M. L.; BALL, B. C. On the visual evaluation of soil structure: The Brazilian experience in Oxisols under no-tillage. **Soil and Tillage Research**, v. 127, p. 60-64, 2013.

GUIMARÃES, R. M. L.; BALL, B. C.; TORMENA, C. A. Improvements in the visual evaluation of soil structure. **Soil Use Manage**, v. 27, p. 395-403, 2011.

GUIMARÃES, R. M. L. ; BALL, B. C.; TORMENA, C. A.; GIAROLA, N. F. B. SILVA, A. P. Relating visual evaluation of soil structure to other physical properties in soils of contrasting texture and management. **Soil and tillage research**, v. 127, p. 92-99, 2013.

HAMZA, M. A.; ANDERSON, W. K. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. **Soil & Tillage Research**, v. 82, p. 121-145, 2005.

KARLEN, D. L.; MAUSBACH, M. J.; DORAN, J. W.; CLINE, R. G. HARRIS, R. F. Soil Quality: A concept, definition and framework for evaluation. **Soil Science Society of America Journal**, v. 61, p. 4-10, 1997.

LAL, R. Soil erosion by wind and water: Problems and prospects. In: LAL, R. (Ed.). **Soil erosion and research methods**. Wageningen: SWCS, 1988. p. 1-6.

LAL, R. **Methods and guidelines for assessing sustainable use of soil and water resources in the tropics**. Columbus: Ohio State University, Department of Agronomy, 1994. 78 p. (SMSS Technical Monograph, 21).

LANZANOVA, M. E.; ELTZ, F. L. F.; NICOLOSO, R. S.; AMADO, T. J. C.; REINERT, D. J.; ROCHA, M. R. Atributos físicos de um Argissolo em sistemas de culturas de longa duração sob semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, 2010.

LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F. STEWART, B. A. (Ed.). *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison: Soil Science Society of America: American Society of Agronomy, 1994. p. 37-51. (SSSA Special Publication Number, 35).

LIMA, A. C. R. **Soil quality assessment in rice production system**. 2007. 116 f. PhD thesis (Doutorado) - Wageningen University, The Netherlands.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. G. Projeto de monitoramento ambiental de microbacias hidrográficas – RS-RURAL, subprojeto 7. Porto Alegre: IPH-UFRGS, 2003. 89 p.

MONCADA, M. P.; PENING, L. H.; TIMM, L. C.; GABRIELS, D.; CORNELIS, W. M. Visual examination and soil physical and hydraulic properties for assessing soil structural quality of soils with contrasting textures and land uses. **Soil and Tillage Research**, v. 140, p. 20-28, 2014a.

MONCADA, M. P.; GABRIELS, D.; DEYANIRA, L.; REY, R. C.; CORNELIS, W. M. Visual field assessing of soil structural quality in tropical soils. **Soil and Tillage Research**, v. 139, p. 8-18, 2014b.

REICHERT, J. M.; REINERT, J. M.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência & Ambiente**, v. 27, p. 29-48, 2003.

RIBEIRO, M. R.; OLIVEIRA, L. B. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de. III – Caracterização morfológica do solo. In: KER, J. C.; CURTI, N.; SCHAEFER, C. E. G. R.; VIDAL-TORRADO, P. **Pedologia: fundamentos**. Viçosa, MG: SBCS, 2012.








SHEPHERD, T. G. **Visual Soil Assessment**: Volume 1. Field Guide for Pastoral Grazing and Cropping on Flat to Rolling Country. 2nd ed. Palmerston North: Horizons Regional Council, 2009. 119 p.

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 12, p. 1301–1309, 2013.

WEILL, M. A. M.; SPAROVEK, G. Estudo da erosão na Microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP). II - Interpretação da tolerância de perda de solo utilizando o método do índice de tempo de vida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 815-824, 2008.

Anexos

Anexo 1. Classificação dos agregados segundo metodologia do VESS descrito em Ball et al. (2007) e adaptado por Guimarães et al. (2011), onde Qe (qualidade estrutural) refere-se ao escore dado.

Qualidade Estrutural	Tamanho e aparência dos agregados	Porosidade visível e raízes	Aparência depois do manuseio: vários solos	Aparência depois do manuseio: mesmo solo diferentes	Característica distintiva	Aparência e descrição de agregados naturais ou fragmento reduzido de ~ 1,5 cm de diâmetro
Qe1 Fritável Agregados quebram facilmente com os dedos	Maioria < 6 mm após a quebra	Alta porosidade Raízes por todo solo			 Agregados pequenos	 A ação de quebrar o bloco é suficiente para revelá-los. Agregados grandes são compostos por agregados menores, presos pelas raízes.
Qe2 Íntacto Agregados quebram facilmente com uma mão	Uma mistura de agregados porosos e redondos entre 2 mm – 7 cm Sem presença de torrões	Maioria dos agregados são porosos Raízes por todo solo			 Agregados altamente porosos	 Agregados quando obtidos são redondos, muito frágeis, despedaçam muito facilmente e são altamente porosos.
Qe3 Firme Maioria dos agregados quebram com uma mão	Uma mistura de agregados porosos entre 2mm -10 cm; menos de 30% são <1 cm. Alguns torrões angulares não porosos podem estar presentes	Macroporos e fissuras presentes Porosidade e raízes: ambas dentro dos agregados			 Agregados com baixa porosidade	 Fragmentos de agregados são razoavelmente fáceis de serem obtidos. Apresentam poucos poros e são arredondados. Raízes geralmente crescem através dos agregados.

Qe4 Compacto Quebrar agregados com uma mão requer esforço considerável	Maioria > 10 cm e são sub-angulares não porosos; possibilidade de horizontalização; menos que 30% são < 7 cm	Poucos macroporos e fissuras Raízes agrupadas em macroporos e ao redor dos agregados				 <p>Fragmentos de agregados são fáceis de serem obtidos quando o solo está úmido, em forma de cubo muito angulosos e pontudos e apresentam fissuras internamente.</p>	20
	Maioria são maiores que > 10 cm, muito poucos < 7 cm, angular e não poroso	Porosidade muito baixa. Macroporos podem estar presentes. Pode conter zonas anaeróbicas Poucas raízes e restritas a fissuras			 <p>Cor azul- acinzentada</p>	 <p>Fragmentos de agregados são fáceis de serem obtidos quando o solo está úmido, no entanto, considerável força é necessária. Geralmente não apresentam poros ou fissuras.</p>	25 cm

Anexo 2. Tabela para a confirmação do escore na obtenção do VESS (adaptado de Ball et al., 2007).

Confirmação do escore				
Amostra:				
Profundidade da amostra:				
Escore dado a partir da figura do método:				
Dificuldade em extrair o bloco	Fácil	Moderadamente Fácil	Moderadamente Difícil	Difícil
Tamanho dos agregados	Grandes (torrões)	Médios	Pequenos	
Forma dos agregados	Granulares	Subangulares	Angulares	
Porosidade	Altamente poroso	Poroso	Pouco poroso	Sem porosidade visível
Raízes	Agrupadas	Espessas	Deformadas	Normais
Anaerobiose	Presente	Não presente		
Escore Final:				
<p>Se o bloco extraído apresentar mais de uma camada (camadas visivelmente diferentes), é possível dividi-lo e dar diferentes escores. Neste caso, para o escore final, multiplica-se o escore de cada camada pela sua espessura e divide o produto pela espessura total do bloco.</p> <p>Observação:</p> <p>Por exemplo, um bloco com 25 cm de espessura possui a primeira camada de 10 cm com solo solto e poroso com escore 1, já a camada inferior de 15 cm é mais compactada e é dado o escore 3, logo: $((1 \times 10) / 25) + ((3 \times 15) / 25) = 2,2$</p>				

Anexo 3. Cartão de escores para a utilização do método VSA para solos cultivados (Shepherd, 2009).

Cartão de Escores Indicadores visuais para avaliar a qualidade do solo sob culturas Indicadores do solo			
Proprietário da terra:	Uso do solo:		
Localização da área:	GPS:		
Profundidade do bloco:	Profundidade do horizonte A:		
Tipo do solo:	Classificação do solo:		
Classe de drenagem:	Data:		
Condição de umidade:			
Indicadores Visuais da qualidade do solo	Escore Visual 0 = Pobre 1 = Moderada 2 = Boa	Fator de ponderação	Ranking
Textura do solo		x 3	
Estrutura do solo		x 3	
Porosidade do solo		x 3	
Número e cor de mosqueados		x 2	
Cor do solo		x 2	
Minhocas (Número:)		x 3	
Cheiro do solo		x 2	
Profundidade efetiva das raízes (cm:)		x 3	
Formação de lagoas na superfície		x 3	
Cobertura e formação de crostas na superfície		x 2	
Erosão do solo		x 1	
QUALIDADE DO SOLO (soma do ranking)			
Avaliação da qualidade do solo		Índice de qualidade do solo	
Pobre		< 20	
Moderado		20 – 37	
Bom		> 37	

Anexo 4. Cartão de escores para a utilização do método VSA em áreas de campo ou de pastagem (Shepherd, 2009).

Cartão de Escores Indicadores visuais para avaliar a qualidade do solo sob campo ou pastagem Indicadores do solo			
Proprietário da terra:	Uso do solo:		
Localização da área:	GPS:		
Profundidade do bloco:	Profundidade do horizonte A:		
Tipo do solo:	Classificação do solo:		
Classe de drenagem:	Data:		
Condição de umidade:			
Indicadores Visuais da qualidade do solo	Escore Visual 0 = Pobre 1 = Moderada 2 = Boa	Fator de ponderação	Ranking
Textura do solo		x 3	
Estrutura do solo		x 3	
Porosidade do solo		x 3	
Número e cor de mosqueados		x 2	
Cor do solo		x 2	
Minhocas (Número:)		x 3	
Cheiro do solo		x 2	
Profundidade efetiva das raízes (cm:)		x 3	
Formação de poças na superfície		x 3	
Relevo do solo		x 1	
QUALIDADE DO SOLO (soma do ranking)			
Avaliação da qualidade do solo		Índice de qualidade do solo	
Pobre		< 20	
Moderado		20 – 35	
Bom		> 35	

